

Penghasilan formulasi nano-emulsi menggunakan minyak pati sebagai agen fungisid

(Production of nano-emulsion formulations using essential oil as anti-fungal agents)

Siti Nadzirah Padrilah, Noor Azlina Masdor, Rashid Mat Rani, Muhammad Shafiq Abd Karim, Muhammad Zaidi Abu Bakar dan Ahmad Syazwan Ismail

Pengenalan

Kulat mikotoksigenik adalah kulat yang menghasilkan metabolit sekunder yang dikenali sebagai mikotoksin yang boleh mencemari pelbagai jenis tanaman makanan sepanjang rantai makanan. Kulat ini boleh mengurangkan kualiti dan kuantiti hasil pertanian dengan merosakkan tanaman seperti jagung, kacang tanah, padi dan tanaman lain. Isu pencemaran kulat mikotoksigenik ini telah menjadi kebimbangan utama di seluruh dunia termasuk Asia Pasifik seperti Thailand, Indonesia, Jepun, Korea, Taiwan, Filipina dan Malaysia. Antara faktor utama pertumbuhan kulat ini adalah faktor persekitaran dan keadaan penyimpanan yang boleh mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kulat mikotoksigenik. Kulat mikotoksigenik yang kerap ditemui dalam pencemaran makanan ialah *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. dan *Penicillium* sp. Manakala *Aspergillus flavus* (Gambar 1) merupakan kulat utama yang sering menyerang tanaman jagung bijian sama ada di ladang mahupun sewaktu penyimpanan.

Disebabkan isu ini, pelbagai kajian telah dijalankan terhadap penghasilan dan pembangunan teknologi fungisid bagi mengawal dan merencat pertumbuhan *Aspergillus flavus* dengan menggunakan bahan kimia dan racun kulat sintetik. Walau bagaimanapun, kebanyakan fungisid yang dihasilkan menggunakan bahan kimia dan bahan sintetik yang mempunyai pelbagai kelemahan dari segi ketoksikan, keberkesanan dan kos. Oleh itu, produk fungisid berasaskan bahan semula jadi yang selamat haruslah dibangunkan bagi menggantikan bahan sintetik dan bahan kimia. Produk berasaskan tumbuhan seperti minyak pati kini semakin mendapat perhatian sebagai produk semula jadi dalam mengawal penyakit bawaan kulat dan mikroba kerana mengandungi komponen bioaktif. Minyak pati seperti minyak sitronela, minyak manuka, minyak cengkih, minyak kayu manis, minyak serai dan minyak gelam telah dilaporkan mempunyai komponen antimikrob.

Minyak pati ialah cecair aromatik mudah meruap yang diekstrak daripada tumbuhan yang



Gambar 1. Kulat *Aspergillus flavus* yang menjangkiti tanaman jagung

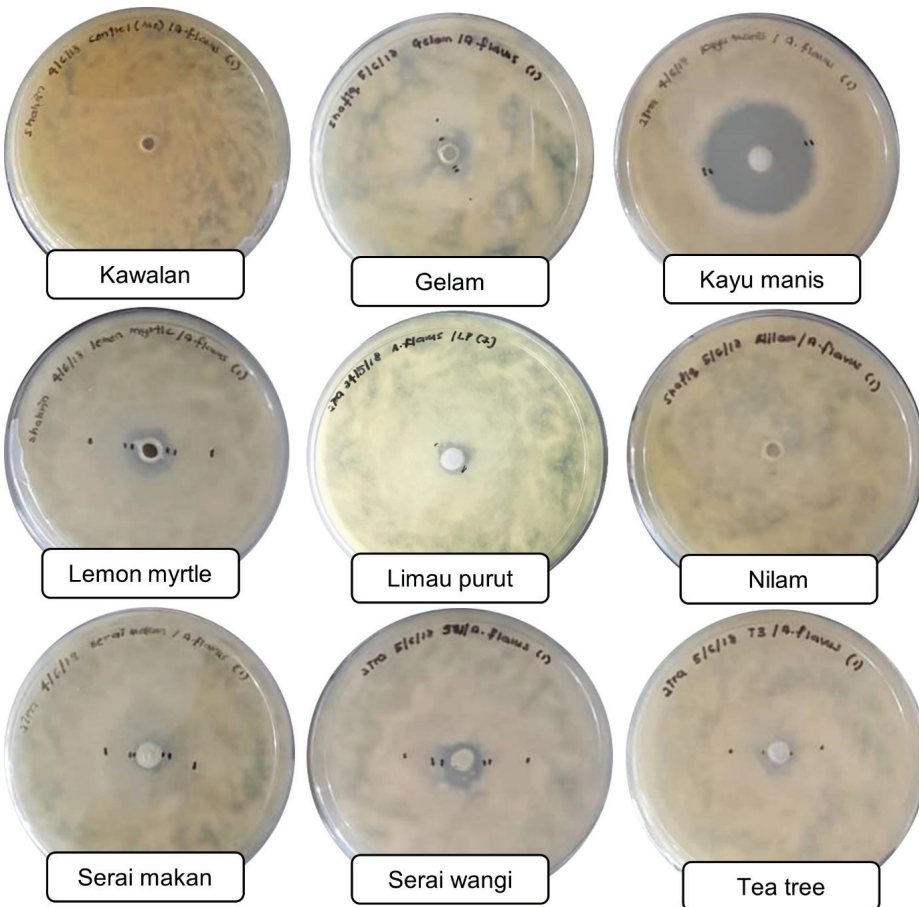
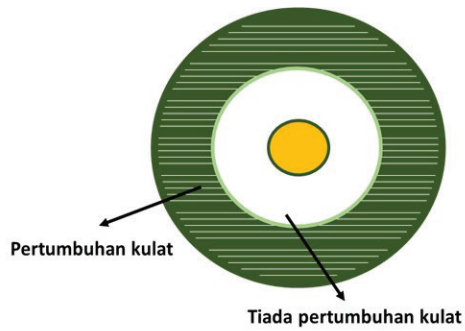
mempunyai spektrum fungisid yang luas. Ini disebabkan oleh kehadiran komponen aktif termasuk aldehid, fenilik, terpenes dan komponen lain yang dikenali sebagai metabolit sekunder yang berfungsi sebagai pertahanan tumbuhan kerana mempunyai sifat antimikrob dan fungisid. Hasil kajian penyelidikan yang dilaporkan oleh para penyelidik telah membuktikan bahawa minyak pati seperti minyak kayu manis, minyak lemon myrtle, minyak cengkik, minyak eugenol, minyak lavender dan minyak taim boleh bertindak sebagai agen antimikrob dan fungisid dalam mengawal pertumbuhan bakteria dan kulat di dalam bahan makanan dan juga hasil pertanian.

Dalam kajian ini, strategi penghasilan nano-emulsi telah digunakan untuk mengukuhkan keberkesanan minyak pati dalam mengawal jangkitan kulat. Nano-emulsi merupakan sistem penyampaian yang baik bagi bahan bioaktif yang mempunyai pelbagai komponen berbeza yang boleh dimasukkan dalam satu formulasi. Aplikasi nano-emulsi ini mempunyai keberkesanan biosidal yang luas terhadap bakteria, virus dan kulat dengan mengganggu membran luar mereka. Nano-emulsi amat sesuai untuk strategi ini bagi mengawal pertumbuhan kulat menggunakan minyak pati kerana boleh digunakan untuk melitupi, melindungi dan menghantar pelbagai bahan semula jadi yang mempunyai aktiviti antimikrob termasuk minyak pati dan bahan fitokimia yang lain. Kajian ini merangkumi penyaringan minyak pati bagi mendapatkan minyak pati yang terbaik dalam mengawal pertumbuhan kulat *A. flavus* serta memfokuskan penghasilan dan perincian formulasi nano-emulsi.

Penyaringan minyak pati terbaik yang mempunyai kesan fungisid

Lapan jenis minyak pati terdiri daripada limau purut (*Citrus hystrix*), kayu manis (*Cinnamomum verum*), tea tree (*Melaleuca alternifolia*), serai wangi (*Cymbopogon citratus*), serai makan (*Cymbopogon nardus*), paper bark (*Melaleuca cajuputi*), lemon myrtle (*Backhousia citriodora*) dan nilam (*Pogostemon cablin*) telah disaring untuk melihat kesan antikulat ke atas *Aspergillus flavus*. Melalui uji kaji ini, minyak pati disaring berdasarkan kepada keupayaan minyak pati untuk menghalang pertumbuhan *A. flavus*. Keberkesanan minyak pati ini dapat dilihat melalui diameter zon pertumbuhan kulat berkenaan di atas piring Petri mengandungi potato dextrose agar seperti dalam *Gambar 2*.

Berdasarkan keputusan penyaringan minyak pati yang terdapat pada *Jadual 1*, minyak pati kayu manis (*Cinnamomum verum*) telah menunjukkan kesan pertumbuhan *A. flavus* yang paling rendah dengan 62.0 mm berbanding dengan minyak pati yang lain. Oleh itu, minyak pati kayu manis telah dipilih untuk dijadikan sebagai bahan utama dalam penghasilan formulasi nano-fungisid.



Gambar 2. Penyaringan minyak pati yang dilakukan ke atas *Aspergillus flavus* dengan menggunakan teknik agar well diffusion. Minyak pati kayu manis menunjukkan kesan perencatan pertumbuhan *A. flavus* yang paling besar berbanding dengan minyak pati yang lain

Jadual 1. Nilai purata diameter zon pertumbuhan (mm) dengan \pm SEM bagi tiga replikasi. Perbezaan signifikan ($p < 0.05$)

Minyak pati	Diameter zon pertumbuhan (mm) pada hari kelima
Kawalan (<i>Mineral oil</i>)	90.0 \pm 0.0 (Tumbuh penuh)
Serai wangi (<i>Cymbopogon citratus</i>)	84.0 \pm 0.0
Kayu manis (<i>Cinnamomum verum</i>)	62.0 \pm 1.1
Lemon myrtle (<i>Backhousia citriodora</i>)	79.3 \pm 0.3
Serai makan (<i>Cymbopogon nardus</i>)	86.0 \pm 4.0
Tea tree (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	83.0 \pm 3.5
Nilam (<i>Pogostemon cablin</i>)	90.0 \pm 0.0 (Tumbuh penuh)
Paper bark (<i>Melaleuca cajaputi</i>)	83.3 \pm 3.3
Limau purut (<i>Citrus hystrix</i>)	79.0 \pm 1.0

*SEM – Standard error mean

Data yang diperoleh diperkuatkan lagi dengan hasil kajian penyelidikan oleh Rahimifard et al. (2008) yang membuktikan bahawa minyak kayu manis menghasilkan aktiviti fungisid yang paling ketara terhadap *A. flavus*. Selain itu, minyak pati kayu manis juga mampu menghalang pengeluaran aflatoksin serta mikotoksin yang lain. Sekali gus dapat mengurangkan pencemaran kulat dan mikotoksin pada hasil tanaman seperti jagung.

Pencarian nilai *minimum inhibitory concentration* (MIC) dan *minimum fungicidal concentration* (MFC) telah dilakukan ke atas minyak pati kayu manis bagi mencari kepekatan terendah minyak pati yang boleh merencat pertumbuhan *A. flavus*. MIC adalah nilai kepekatan terendah yang dapat menghalang pertumbuhan mikroorganisma secara keseluruhan manakala MFC adalah kepekatan terendah yang menunjukkan tidak ada pertumbuhan mikroorganisma atau ada pertumbuhan lebih sedikit berbanding dengan sampel kawalan. Berdasarkan keputusan dalam *Jadual 2*, nilai MIC untuk minyak pati kayu manis adalah pada 0.08% manakala nilai untuk MFC adalah pada kadar 0.06%.

Analisis komponen yang terdapat dalam minyak pati kayu manis menggunakan GC-MS

Analisis komponen minyak pati kayu manis menggunakan GC-MS telah dilakukan bagi mengenal pasti komponen dalam minyak pati dan menyenaraikan jumlah kandungan untuk setiap komponen yang hadir. Keputusan analisis pada *Jadual 3* menunjukkan 12 komponen minyak pati kayu manis yang telah dikenal pasti dengan menggunakan analisis GC-MS. Komponen utama minyak pati kayu manis adalah terdiri daripada eugenol dengan 49.25% sementara komponen kecil lain ialah benzil benzoat, alpha-pinene, camphene, beta-pinene, linalool, E-cinnamaldehyde, ortho-cymene, sabinene, alpha-copaene, E-caryophyllene dan alpha-humulene yang merupakan antipertumbuhan kepada mikroorganisma.

Jadual 2. Nilai purata diameter zon pertumbuhan MIC (mm) dengan \pm SEM bagi tiga replikasi pada hari ketujuh. Perbezaan signifikan ($p < 0.05$)

Kepekatan (%)	Pertumbuhan <i>Aspergillus flavus</i> dalam piring Petri (mm)			
	Hari			
	1	3	5	7
Kawalan	25.3 \pm 2.91	69.00 \pm 1.53	82.67 \pm 0.33	85.00 \pm 0.00
0.01	17.00 \pm 0.00	64.00 \pm 1.53	72.00 \pm 1.73	82.67 \pm 0.33
0.02	15.67 \pm 0.88	50.00 \pm 8.39	68.00 \pm 5.13	80.33 \pm 1.67
0.04	0.00 \pm 0.00	27.00 \pm 3.05	37.33 \pm 2.33	51.00 \pm 1.15
0.06	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	16.00 \pm 1.00	18.00 \pm 1.15
0.08	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
0.1	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
0.3	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
0.6	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
0.9	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
1.2	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00

*SEM – Standard error mean

Jadual 3. Komponen minyak pati kayu manis (*Cinnamon verum*) yang dikenal pasti oleh analisis GC-MS. Eugenol didapati sebagai sebatian aktif tertinggi yang terdapat dalam minyak kayu manis dengan 49.25%

Komponen dikenal pasti	Masa pengekalan	Kawasan puncak (%)
Alpha-pinene	7.45	4.89
Camphene	8.18	2.32
Beta-pinene	9.84	2.05
Ortho-cymene	13.22	2.35
Sabinene	13.47	5.87
Linalool	18.58	7.02
E-cinnamaldehyde	28.10	3.82
Eugenol	32.86	49.25
Alpha-copaene	32.99	5.01
E-caryophyllene	35.04	8.51
Alpha-humulene	36.56	1.72
Benzil benzoat	49.40	1.52

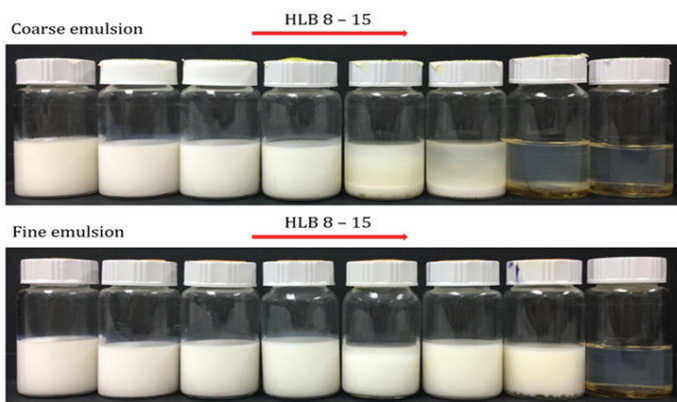
Eugenol merupakan komponen utama yang terdapat pada minyak daun kayu manis dan cinnamaldehyde komponen utama pada minyak batang kayu manis. Setiap bahagian pokok mempunyai komponen dan nilai yang berbeza.

Eugenol merupakan agen antimikrob yang berfungsi dalam menghalang pertumbuhan bakteria dan kulat termasuklah *A. flavus*. Kenyataan ini telah dibuktikan oleh para penyelidik di mana eugenol yang diekstrak daripada minyak daun kayu manis masing-masing sehingga 59.918% dan 68.96% telah menghalang pertumbuhan *Bacillus cereus* dan *Candida* spp. Selain eugenol, cinnamaldehyde, linalool dan agen komponen bioaktif yang lain juga membantu dalam perencatan sistesis enzim ekstraselular dan mengganggu struktur dinding sel kulat yang mengakibatkan kerosakan integriti, melemahkan sitoplasma dan kematian miselial.

Penentuan keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) dan campuran surfaktan

Sistem keseimbangan hidrofilik-lipofilik atau sistem HLB adalah sistem pemilihan surfaktan penting yang digunakan dalam penghasilan nano-emulsi. Nilai HLB yang tepat bagi surfaktan merupakan faktor penentu penghasilan nano-emulsi menjadi lebih stabil yang bertindak sebagai penyeimbang antara fasa minyak dan fasa air pada emulsi. HLB dalam lingkungan 8 – 18 sering digunakan bagi formulasi minyak dalam emulsi air (*oil in water*) sementara surfaktan dengan nilai HLB antara 3, 4 hingga 6 lebih sesuai digunakan bagi formulasi air dalam emulsi minyak (*water in oil*). Oleh itu, surfaktan atau pengemulsi yang sesuai dengan nilai HLB yang betul diperlukan untuk membentuk formulasi emulsi yang stabil.

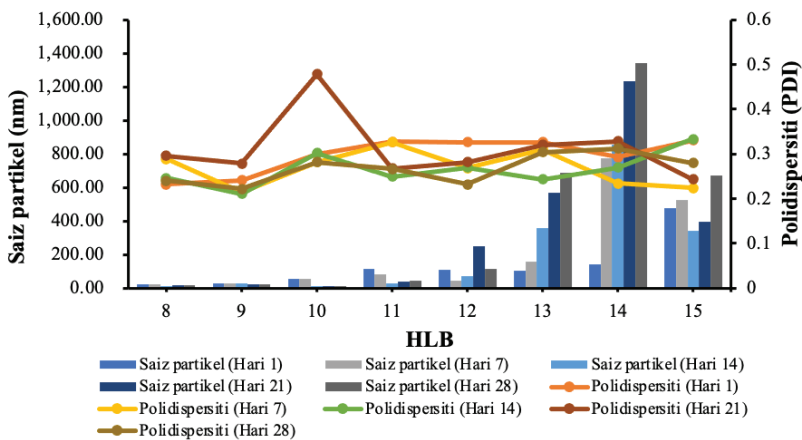
Bagi uji kaji seperti dalam *Gambar 3* yang terdiri daripada dua fasa iaitu fasa formulasi makroemulsi (*coarse emulsion*) dan fasa formulasi nano-emulsi (*fine emulsion*). Fasa nano-emulsi merupakan fasa formulasi yang telah disonikasi menggunakan *probe sonicator* dan HLB 8, 9 dan 10 telah menunjukkan kesan yang stabil serta saiz titisan di bawah 200 nm. Ini adalah berdasarkan kepada ujian pemerhatian formulasi yang terhasil di mana



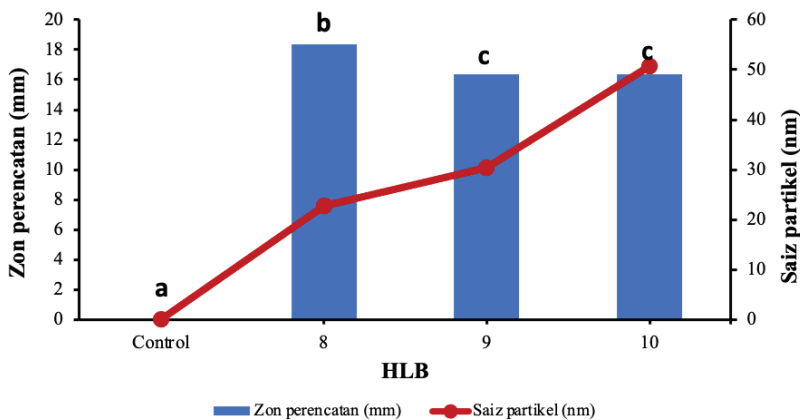
Gambar 3. Campuran surfaktan yang terdiri daripada nilai HLB 8 hingga HLB 15 pada hari ke-28. Coarse emulsion adalah campuran surfaktan yang tidak disonikasi manakala fine emulsion adalah campuran surfaktan yang telah disonikasi

tiada pemisahan komponen dilihat pada HLB 8, 9 serta 10 dan melalui ujian pencirian saiz serta nilai PDI (polidispersiti) seperti dalam *Rajah 1*.

Ujian perencatan menggunakan formulasi hasil tiga HLB ini (HLB 8, 9 dan 10) telah dijalankan ke atas *A. flavus* bagi melihat kesan perencatan yang paling tinggi. Berdasarkan keputusan pada *Rajah 2*, HLB 8 menunjukkan zon perencatan yang paling besar dengan bacaan 18.33 mm berbanding dengan HLB 9 dan 10 yang mencatat bacaan 16.33 mm pada kedua-dua HLB tersebut. Oleh itu, campuran surfaktan (HLB 8) telah digunakan dalam formulasi ini.



Rajah 1. Graf yang menunjuk saiz partikel dan polidispersiti untuk fine nano-emulsion HLB 8 – 15 daripada hari pertama hingga hari ke-28



Rajah 2. Ujian perencatan menggunakan HLB 8, 9 dan 10 ke atas *A. flavus*. HLB 8 menunjukkan zon perencatan yang paling besar

Optimisasi formulasi nano-emulsi menggunakan *Central Composite Design (CCD)*

Untuk peringkat seterusnya, bagi menghasilkan formulasi terbaik dan stabil, *Central Composite Design (CCD)* seperti dalam *Jadual 4* telah diaplikasikan dalam eksperimen ini bagi mendapatkan kepekatan minyak pati, kepekatan campuran surfaktan dan masa sonikasi yang bersesuaian. Ini bagi menghasilkan formulasi yang bersaiz nanometer kurang daripada 200 nm dan dengan indeks PDI kurang daripada 0.3. Tiga faktor utama peratusan minyak pati (1 – 10%), peratusan campuran surfaktan (1 – 10%) dan masa sonikasi (1 – 10 minit) telah dimasukkan kedalam sistem perisian CCD dan keputusan mendapati minyak pati (10%), campuran surfaktan (10%) dan 5 minit masa sonikasi menghasilkan nano-emulsi yang stabil.

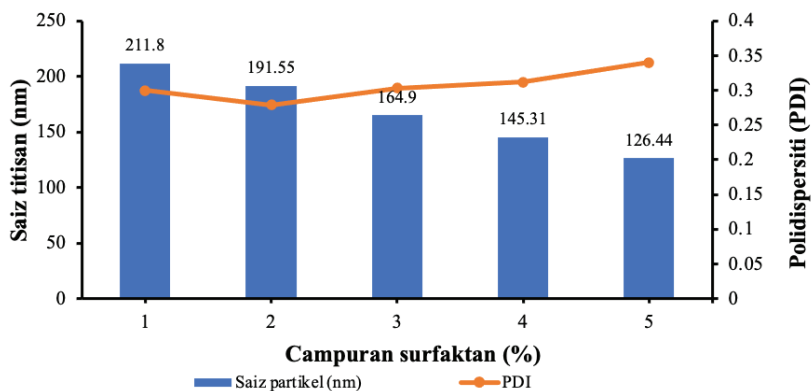
Walau bagaimanapun, nilai 10% bagi minyak pati yang akan digunakan adalah terlalu tinggi dan tidak ekonomi. Justeru, nilai peratus bagi minyak pati untuk digunakan telah dikurangkan menjadi 1%. Merujuk keputusan pada *Rajah 4*, 5% campuran surfaktan memberikan saiz nano-emulsi yang paling rendah iaitu 126.44 nm berbanding dengan yang lain. Manakala, masa sonikasi yang terbaik adalah pada tempoh 5 minit kerana memberi nilai yang paling rendah bagi saiz nano-emulsi (*Rajah 5*). Formulasi yang terhasil terdiri daripada minyak pati kayu manis (1%), campuran surfaktan Tween 80:Span 80 (5%) dan 5 minit masa sonikasi.

Parameter diuji:

Peratus kepekatan minyak pati: 1%

Peratus campuran surfaktan: 1, 2, 3, 4, 5%

Masa sonikasi: 5 minit



Rajah 4. Peratus campuran surfaktan yang tinggi 5%, memberikan saiz nano-emulsi yang kecil 126.44 nm berbanding dengan campuran surfaktan yang rendah memberi saiz nano-emulsi yang besar

Jadual 4. Hasil ukuran saiz dan PDI yang terbentuk berdasarkan formulasi yang dihasilkan menggunakan *Central Composite Design*

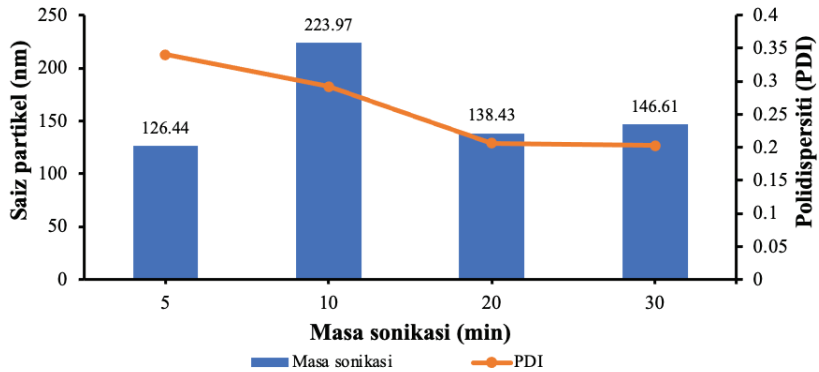
Ujian	Blok	Faktor 1 A: EO (%)	Faktor 2 B: Smix (%)	Faktor 3 C: Masa sonikasi (min)	Respons 1 Saiz titisan (nm)	Respons 2 Polidispersiti (PDI)
1	Blok 1	1	1	1	265.41	0.331
2	Blok 1	10	1	1	105.82	0.291
3	Blok 1	1	10	1	524.2	0.321
4	Blok 1	10	10	1	19.26	0.267
5	Blok 1	1	1	10	212.83	0.289
6	Blok 1	10	1	10	158.72	0.329
7	Blok 1	1	10	10	144.65	0.251
8	Blok 1	10	10	10	23.19	0.231
9	Blok 1	13.07	5.5	5.5	20.63	0.273
10	Blok 1	5.5	13.07	5.5	98.9	0.326
11	Blok 1	5.5	5.5	13.07	150.74	0.329
12	Blok 1	5.5	5.5	5.5	151.92	0.322
13	Blok 1	5.5	5.5	5.5	160.59	0.311
14	Blok 1	5.5	5.5	5.5	166.86	0.325
15	Blok 1	5.5	5.5	5.5	168.14	0.335
16	Blok 1	5.5	5.5	5.5	137.38	0.316
17	Blok 1	5.5	5.5	5.5	142.20	0.328

Parameter diuji:

Peratus kepekatan minyak pati: 1%

Peratus campuran surfaktan 1%: 5%

Masa sonikasi: 5, 10, 20, 30 minit



Rajah 5. Masa sonikasi yang rendah 5 minit memberikan saiz nano-emulsi yang paling kecil 126.44 nm masa sonikasi 10, 20 dan 30 minit

Kesimpulan

Penghasilan inovasi ini merupakan inisiatif bagi membantu menyelesaikan permasalahan isu pertumbuhan kulat *A. flavus* pada jagung bijian yang merupakan alternatif bagi menggantikan racun kulat yang diperbuat daripada bahan kimia. Inovasi ini dicipta menggunakan bahan semula jadi berasaskan minyak pati yang selamat untuk digunakan dan boleh diklasifikasikan sebagai teknologi hijau. Formulasi nano-emulsi ini mengandungi partikel-partikel nano yang dapat berfungsi sebagai sistem penghantaran untuk bahan bioaktif hidrofobik seperti antimikrob dengan tujuan mengawal pertumbuhan kulat. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa nano-fungisid boleh meningkatkan keberkesanan racun kulat menggunakan minyak pati untuk mengawal kulat *A. flavus* kerana bersifat saiz titisan kecil dan luas permukaan titisan yang besar serta mengandungi bahan aktif yang mampu merencat pertumbuhan *A. flavus*. Selain itu, ia juga membantu meningkatkan kestabilan fizikal dan kimia formulasi serta membantu dalam mengekalkan produk pertanian yang baik.

Bibliografi

- Balendres, M.A.O., Karlovsky, P. dan Cumagun, C.J.R. (2019). Mycotoxigenic fungi and mycotoxins in agricultural crop commodities in the Philippines: A review. *Foods* 8(7)
- Carmo, E.S., Lima, E. de O., de Souza, E.L. dan de Sousa, F.B. (2008). Effect of *Cinnamomum verum* Blume essential oil on the growth and morphogenesis of some potentially pathogenic *Aspergillus* species. *Brazilian Journal of Microbiology* 39: 91 – 97

- Das, A.K., Nanda, P.K., Bandyopadhyay, S., Banerjee, R., Biswas, S. dan McClements, D.J. (2020). Application of nano-emulsion-based approaches for improving the quality and safety of muscle foods: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 19(5): 2677 – 2700
- Donovan, B.W., Reuter, J.D., Cao, Z., Myc, A., Johnson, K.J. dan Baker, J.R. (2000). Prevention of murine influenza a virus pneumonitis by surfactant nano-emulsions. *Antiviral Chemistry and Chemotherapy* 11(1): 41 – 49
- Ghosh, V., Saranya, S., Mukherjee, A. dan Chandrasekaran, N. (2013). Cinnamon oil nano-emulsion formulation by ultrasonic emulsification: Investigation of its bactericidal activity. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 13(1): 114 – 122
- Gotmare, S. dan Tambe, E. (2019). Identification of chemical constituents of cinnamon bark oil by GCMS and comparative study garnered from five different countries. *Global Journal of Science Frontier Research: C Biological Science* 19(1): 35 – 42
- Jalali, L. dan Avagyan, G. (2016). Evaluation of contamination of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production in pistachio cultivars and investigation of a chemical controlling method. *Journal of Nuts* 7(1): 51 – 58
- Patkar, K.L., Usha, C.M., Shetty, H.S., Paster, N. dan Lacey, J. (1993). Effect of spice essential oils on growth and aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus*. *Letters in Applied Microbiology* 17(2): 49 – 51
- Rahimifard, N., Sabzevari, O., Shoeibi, S., Pakzad, S.R., Ajdary, S., Hajimehdipour, H., Bagheri, F. dan Bagheri, A. (2008). Antifungal activity of the essential oil of *Cinamomum zeynalicum* on *Candida albicans*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. *Biomedical and Pharmacology Journal* 1(1): 85 – 88
- Rangel, M. de L., Aquino, S.G. de, Lima, J. M. de, Castellano, L.R. dan Castro, R.D. de. (2018). *In Vitro* Effect of *Cinamomum verum* Blume essential oil on *Candida* spp. Involved in Oral Infections. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2018: 1 – 13
- Reddy, K.R.N., Salleh, B., Saad, B., Abbas, H.K., Abel, C.A. dan Shier, W.T. (2010). An overview of mycotoxin contamination in foods and its implications for human health. *Toxin Reviews* 29(1): 3 – 26
- Samuel, T., Adebayo, E. dan Anthony, H. (2013). Control of toxigenic fungi and mycotoxins with phytochemicals: potentials and challenges. Dalam: *Mycotoxin and Food Safety in Developing Countries* (Makun, H., ed.). InTech

Ringkasan

Aplikasi nano-fungisid sebagai agen antimikrob masih baharu dan memerlukan penerokaan serta inovasi lanjut. Bagi mengurangkan penggunaan sebatian sintetik dan kimia dalam produk pertanian, minyak pati dianggap sebagai alternatif kepada bahan tambahan antimikrob semula jadi. Walau bagaimanapun, minyak pati mempunyai kelarutan air yang rendah, bau yang kuat dan kadar kemeruapan yang rendah. Minyak pati juga merupakan produk cecair hidrofilik aromatik, oleh itu formulasi minyak dalam air nano-emulsi dan mikroemulsi dianggap sebagai sistem penghantaran yang cekap dalam pengaplikasian minyak pati. Justeru, nano-emulsi sangat sesuai untuk strategi ini dalam mengawal jangkitan kulat dengan menggunakan minyak pati kerana boleh digunakan untuk menyaluti, melindungi dan menjadi agen penghantar pelbagai bahan semula jadi.

Summary

The application of nano-fungicide as an antimicrobial agent is still new and needs further exploration and innovation. In order to reduce the usage of synthetic and chemical compounds in agricultural products, essential oils (EOs) are considered as alternative natural antimicrobial additives. However, they have low water solubility, high volatility, and strong odour. EOs are aromatic hydrophilic liquid products, therefore oil in water nano-emulsions and microemulsions have been thought to be efficient delivery systems. Therefore, nano-emulsion is particularly suitable for this strategy for controlling fungal infection using essential oils because the system can be used to encapsulate, protect and deliver various natural substances that have antimicrobial activity including essential oil or other phytochemicals.

Pengarang

Siti Nadzirah Padrilah

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: ctzeera91@gmail.com

Noor Azlina Masdor (Dr.), Rashid Mat Rani, Muhammad Shafiq Abd Karim,
Muhammad Zaidi Abu Bakar dan Ahmad Syazwan Ismail

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor